

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2003年 4月23日
Date of Application:

出願番号 特願2003-118490
Application Number:

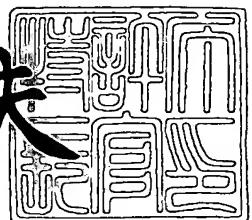
[ST. 10/C] : [JP2003-118490]

出願人 株式会社デンソー
Applicant(s):

2004年 3月 8日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



【書類名】 特許願
【整理番号】 PY20030469
【提出日】 平成15年 4月23日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 H01L 29/78
【発明者】
【住所又は居所】 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内
【氏名】 遠藤 剛
【発明者】
【住所又は居所】 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内
【氏名】 竹内 有一
【特許出願人】
【識別番号】 000004260
【氏名又は名称】 株式会社デンソー
【代理人】
【識別番号】 100068755
【弁理士】
【氏名又は名称】 恩田 博宣
【選任した代理人】
【識別番号】 100105957
【弁理士】
【氏名又は名称】 恩田 誠
【手数料の表示】
【予納台帳番号】 002956
【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
【物件名】 明細書 1
【物件名】 図面 1
【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9908214

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 炭化珪素半導体装置の製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 炭化珪素からなる半導体基板上の絶縁膜を開口するコンタクトホール内に電極を形成する炭化珪素半導体装置の製造方法において、

前記コンタクトホールの形成された半導体基板の上方にニッケルを含有する金属を成膜する工程と、

前記半導体基板に熱処理を施すことで前記金属を成膜する工程によって前記コンタクトホール内に成膜された金属と同コンタクトホールの下方の半導体基板の表面とを化合させる工程と、

前記金属を成膜する工程によって前記絶縁膜上に成膜された金属を該金属を溶解させるエッチング液によって除去する工程とを有する
ことを特徴とする炭化珪素半導体装置の製造方法。

【請求項 2】 前記金属としてニッケル単体を用いる

請求項 1 記載の炭化珪素半導体装置の製造方法。

【請求項 3】 前記エッチング液として、硫酸、リン酸、硝酸、酢酸のいずれかを含む溶液を用いる

請求項 2 記載の炭化珪素半導体装置の製造方法。

【請求項 4】 前記エッチング液として、硫酸と過酸化水素水との混合液を用いる

請求項 3 記載の炭化珪素半導体装置の製造方法。

【請求項 5】 請求項 1 ~ 4 のいずれかに記載の炭化珪素半導体装置の製造方法において、

前記絶縁膜上に成膜された金属を該金属を溶解させるエッチング液によって除去する工程の後、前記絶縁膜の上面をエッチングする工程を更に有する
ことを特徴とする炭化珪素半導体装置の製造方法。

【請求項 6】 前記コンタクトホール内に成膜された金属と同コンタクトホールの下方の半導体基板の表面とを化合させる工程を、前記半導体基板に 900℃ 以上の熱処理を施す工程とする

請求項1～5のいずれかに記載の炭化珪素半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、炭化珪素半導体装置の製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

炭化珪素は、シリコン単体と比較して耐圧特性等が優れている。このため、消費電力の大きなパワートランジスタ等を備える半導体装置を、炭化珪素からなる半導体基板を用いた炭化珪素半導体装置として構成することも提案されている。

【0003】

また、こうした炭化珪素半導体装置にあって、炭化珪素からなる半導体基板の表面とのコンタクトをとる際、同表面に電極としてニッケル（Ni）を形成することも提案されている。すなわち、ニッケルは炭化珪素からなる半導体基板の表面とオーミック接触させることができるために、ニッケルを用いることでコンタクト部分の抵抗を低減することが可能となる。

【0004】

ただし、炭化珪素からなる半導体基板上に酸化膜を形成した後、同酸化膜にコンタクトホールを形成して該コンタクトホールにニッケルを充填する際には、酸化膜の上面にもニッケル薄膜が形成されることとなる。そして、この酸化膜上に形成されたニッケル薄膜は剥がれやすいため、当該炭化珪素半導体装置の信頼性の低下を招くおそれがある。

【0005】

そこで従来は、例えば下記特許文献1に見られるように、リソグラフィ技術を用いて酸化膜上のニッケル薄膜をエッチング除去することも提案されている。しかし、リソグラフィ工程において形成されるマスクにはずれが生じることがあるため、コンタクトホール部のみにニッケル薄膜を適切に残すことが困難である。すなわち、この場合、リソグラフィ工程に続くエッチング工程においてオーバーエッチングがなされると、コンタクトホール内のニッケル薄膜がエッチングされ

るため、コンタクト面積が減少しコンタクト抵抗が増加する。一方、アンダーエッチングがなされると酸化膜上にニッケルが残ることとなる。

【0006】

そこで下記特許文献2では、ニッケル薄膜の成膜後、熱処理を施すことで、炭化珪素からなる半導体基板の表面と接触する部分について自己整合的に炭化珪素とニッケルとを化合させることも提案されている。

【0007】

【特許文献1】

特開平10-125620号公報

【特許文献2】

特開2000-12846号公報

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

上記のようにニッケル薄膜を成膜した後に熱処理を施すことで、リソグラフィ技術を用いることを回避することができるため、同リソグラフィ技術に起因するマスクずれやエッチングの制御性の問題を回避することはできる。しかし、この場合、上記特許文献2に指摘されているように、ニッケル薄膜が後の工程においてパーティクルとなるという問題がある。実際、上記熱処理によってコンタクトホール部のニッケル薄膜を炭化珪素からなる半導体基板と化合させた後、超音波洗浄を行うなどして炭化珪素と化合しないニッケル薄膜を除去する場合には、酸化膜上にニッケル薄膜が残留することが発明者らによって確認されている。

【0009】

本発明は、こうした実情に鑑みてなされたものであり、その目的は、コンタクトホール内に電極をより適切に形成することのできる炭化珪素半導体装置の製造方法を提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】

こうした目的を達成すべく、請求項1記載の炭化珪素半導体装置の製造方法では、前記コンタクトホールの形成された半導体基板の上方にニッケルを含有する

金属を成膜する工程と、前記半導体基板に熱処理を施すことで前記金属を成膜する工程によって前記コンタクトホール内に成膜された金属と同コンタクトホールの下方の半導体基板の表面とを化合させる工程と、前記金属を成膜する工程によって前記絶縁膜上に成膜された金属を該金属を溶解させるエッチング液によって除去する工程とを有する。

【0011】

上記製造方法では、コンタクトホール内の金属と同コンタクトホールの下方の半導体基板の表面とを化合させた後、同金属を溶解させるエッチング液によって絶縁膜上の金属を除去する。この際、コンタクトホール内の金属は炭化珪素との化合物となっているために溶解されない。したがって、コンタクトホール内に電極を自己整合的且つより適切に形成することができる。

【0012】

なお、請求項1記載の炭化珪素半導体装置の製造方法は、請求項2記載の炭化珪素半導体装置の製造方法によるように、前記金属としてニッケル単体を用いるようにしてもよい。

【0013】

これにより、炭化珪素からなる半導体基板のうちコンタクトホール部分に形成される電極を低抵抗にて簡易に形成することができるようになる。

また、請求項3記載の炭化珪素半導体装置の製造方法では、前記エッチング液として、硫酸、リン酸、硝酸、酢酸のいずれかを含む溶液を用いる。これにより、ニッケル単体を簡易にエッチング除去することができるとともに、ニッケルと炭化珪素との化合物についてはこれを好適に保持することができる。

【0014】

また、請求項4記載の炭化珪素半導体装置の製造方法では、前記エッチング液として、硫酸と過酸化水素水との混合液を用いる。

このように硫酸と過酸化水素水との混合液を用いることで、ニッケルのエッチング除去に際してのエッチングレートを好適に確保することができる。

【0015】

また、請求項5記載の炭化珪素半導体装置の製造方法では、前記絶縁膜上に成

膜された金属を該金属を溶解させるエッチング液によって除去する工程の後、前記絶縁膜の上面をエッチングする工程を更に有する。

【0016】

金属を熱処理する際には、絶縁物上面においても同金属との化合物が形成されることがある。

この点、上記製造方法によれば、絶縁膜上の金属をエッチング液によって除去する工程の後、絶縁膜の上面をエッチングすることで、同絶縁膜の表面の状態を整えることができる。

【0017】

なお、請求項1～5のいずれかに記載の炭化珪素半導体装置の製造方法は、請求項6記載の炭化珪素半導体装置の製造方法によるように、前記コンタクトホール内に成膜された金属と同コンタクトホールの下方の半導体基板の表面とを化合させる工程を、前記半導体基板に900℃以上の熱処理を施す工程としてもよい。

【0018】

これにより、金属と半導体基板の表面とを好適に化合させることができる。

【0019】

【発明の実施の形態】

以下、本発明にかかる炭化珪素半導体装置の製造方法の一実施形態を図面を参照しつつ説明する。

【0020】

本実施形態において製造対象とされる炭化珪素半導体装置は、プレーナ型MOS (metal oxide semiconductor) ランジスタを備えている。同炭化珪素半導体装置は、インバータや車両用オイルネータのレクチファイヤに適用される。

【0021】

まず、図1に基づいて、本実施形態にかかる炭化珪素半導体装置の製造方法の原理について説明する。

ここでは、まず図1(a)に示すように、炭化珪素からなる半導体基板1に、絶縁膜2を形成する。更に、絶縁膜2にコンタクトホール3を開口することで、

半導体基板1の上面の一部を露出させる。そして、半導体基板1の上方にニッケル(Ni)4'を成膜する。

【0022】

続いて、図1(b)に示すように、半導体基板1に熱処理を施す。これにより、ニッケル4'のうち、半導体基板1と接触している部分が炭化珪素とニッケルとの化合物である合金層4となる。

【0023】

更に、図1(c)に示すように、ニッケルを溶解させるエッチング液によって絶縁膜上のニッケル4'を選択的に除去する。ここでは、コンタクトホール3によって露出された半導体基板1上のニッケルは合金層4となっているため、エッチング液によって溶解されない。

【0024】

このようにコンタクトホール3以外の部分に成膜されたニッケル4'は好適に除去される反面、コンタクトホール3内の合金層4は炭化珪素との化合物となっているために溶解しない。したがって、コンタクトホール3内に電極をより適切に形成することができる。

【0025】

ここで、本実施形態にかかる炭化珪素半導体装置の製造工程について説明する。

まず、図2(a)に示すように、n⁺型炭化珪素基板11とn⁻型ドリフト層12とからなる基板を用意する。ここで、n⁺型炭化珪素基板11は、n型の導電型を有し4H-SiC又は6H-SiC又は3C-SiCからなる。このn⁺型炭化珪素基板11は、膜厚が例えば「400μm」であり、主表面11aが(0001)Si面、又は、(1120)A面である。そして、上記n⁻型ドリフト層12は、n⁺型炭化珪素基板11の上(主表面11a)にエピタキシャル成長によって、例えば膜厚「5μm」にて形成されたものである。このn⁻型ドリフト層12は、下地の基板であるn⁺型炭化珪素基板11と同様の結晶構造(4H-SiC又は6H-SiC又は3C-SiC)を有するとともに、n型の導電型を有する。

【0026】

そして、図2 (b) に示すように、n-型ドリフト層12の上の所定領域にLTO (low temperature oxide) からなるマスク30をパターン形成し、アルミニウム (Al) をイオン注入して、n-型ドリフト層12の表層部にp型の導電型を有するベース領域13を形成する。このときのイオン注入条件は、例えば、温度「700°C」、ドーズ量「 $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-2}$ 」である。

【0027】

更に、マスク30を除去した後、図2 (c) に示すように、n-型ドリフト層12およびベース領域13の上にn型のチャネル層15をエピタキシャル成長させる。このときの成長条件は、例えば、ソースガスとしてSiH₄, C₃H₈, H₂を用い、成長温度を「1600°C」とする。なお、このチャネル層15は、下地層であるn-型ドリフト層12と同様の結晶構造 (4H-SiC又は6H-SiC又は3C-SiC) を有する。

【0028】

こうしてn⁺型炭化珪素基板11とn-型ドリフト層12とチャネル層15とを備える半導体基板10が形成されると、図2 (d) に示すように、半導体基板10上にLTOを成膜し、更にこれをパターニングすることでマスク31を形成する。そして、このマスク31の上方からアルミニウム (Al) をイオン注入することで、半導体基板10の表面のうち、各トランジスタの端部にp⁺コンタクト領域16を形成する。

【0029】

引き続き、図3 (a) に示すように、半導体基板10のうちp⁺コンタクト領域16に隣接する領域の上方を開口させたLTOからなるマスク32を形成する。そして、マスク32上から窒素 (N) をイオン注入して、ベース領域13の表層部にn⁺型ソース領域17を形成する。このときのイオン注入条件は、例えば、温度「700°C」、ドーズ量「 $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-2}$ 」である。

【0030】

そして、マスク32を除去した後、図3 (b) に示すように、半導体基板10の上面を熱酸化処理することで、ゲート絶縁膜20を形成する。このとき、雰囲

気温度は例えば「1080℃」とする。

【0031】

その後、図3（c）に示すように、ゲート絶縁膜20の上にp型の導電型を有するポリシリコンからなるゲート電極21を形成する。続いて図3（d）に示すように、ゲート電極21及びゲート絶縁膜20上をLTOからなる層間絶縁膜22で覆う。

【0032】

次に、図4（a）に示すように、p+コンタクト領域16及びn+型ソース領域17とコンタクトをとるべく、リソグラフィ技術を用いて層間絶縁膜22及びゲート絶縁膜20を開口することでコンタクトホールCを形成する。

【0033】

更に、図4（b）に示すように、コンタクトホールCによって露出された半導体基板10の表面のうちのp+コンタクト領域16上にアルミニウム薄膜23を例えれば膜厚「100nm」にて形成する。このアルミニウム薄膜23の形成は、例えは上記特許文献2に示されるようにして行えばよい。

【0034】

次に、図4（c）に示すように、半導体基板10の表面にニッケル薄膜24'を、また半導体基板10の裏面にニッケル薄膜25'をそれぞれ例えれば膜厚「500nm」にて成膜する。

【0035】

更に、図4（d）に示すように、半導体基板10に対し所定温度（例えは「1000℃」）で所定時間（例えは「10分」）のアニール処理を行う。これにより、半導体基板10の裏面のニッケル薄膜25'は、ニッケルとSiCとの合金層25となり、また、半導体基板10の表面のうちコンタクトホールCによって露出された部分のニッケル薄膜24'は、ニッケルとSiCとの合金層24となる。ただし、この合金層24のうち、アルミニウム薄膜23の上部については、ニッケルとSiCとアルミニウムとの合金となっている。なお、この際、層間絶縁膜22上のニッケル薄膜24'は、ニッケル単体のままである。

【0036】

そして、図5（a）に示すように、半導体基板10の上面を、硫酸と過酸化水素水とからなる溶液であって且つ所定温度（例えば「120℃」）の溶液に漬ける。これにより、層間絶縁膜22上のニッケル薄膜24'を溶解させる。この際、コンタクトホールC内に形成されている合金層24については、溶液に溶解しない。

【0037】

続いて、図5（b）に示すように、半導体基板10の表面を、濃度が例えば「1%」であるフッ酸溶液に所定時間（例えば「1分」）漬けることで、層間絶縁膜22の表面をエッチングする。これは、層間絶縁膜22の上面とニッケル薄膜24'とがわずかに反応するなどした場合に対処するものであり、これにより、層間絶縁膜22の表面の状態を整える。

【0038】

続いて、ゲート電極21との電気的なコンタクトをとるべく、層間絶縁膜22の所定の領域を開口する。更に、図5（c）に示すように、ソース電極とする上記合金層24と密着性のよい例えばチタン（Ti）等の金属膜26と、配線用のアルミニウム薄膜27とを順次積層形成することで、プレーナ型MOSトランジスタを形成する。

【0039】

以上詳述した本実施形態によれば、以下の効果が得られるようになる。

（1）コンタクトホールC内のニッケル薄膜24'と半導体基板10の表面とを化合させた後、硫酸と過酸化水素水とからなる溶液によってニッケル薄膜24'を溶解させた。これにより、コンタクトホールC以外の部分に成膜されたニッケル薄膜24'を自己整合的に除去することができる。

【0040】

（2）硫酸と過酸化水素水との混合液を用いることで、ニッケル薄膜24'のエッチング除去に際してのエッチングレートを好適に確保することができる。

（3）層間絶縁膜22の上面をフッ酸に漬けてエッチングすることで、層間絶縁膜22の表面の状態を整えることができる。

【0041】

なお、上記実施形態は、以下のように変更して実施してもよい。

- ・ニッケルを溶解させるエッチング液としては、硫酸と過酸化水素水とからなる溶液に限らない。例えば、硫酸、リン酸、硝酸、酢酸のいずれかを含む溶液であってもよい。

【0042】

- ・コンタクトホール内のニッケル薄膜24' と半導体基板10の表面とを化合させる際の熱処理の温度は、上記実施形態で例示したものに限らないが、「900°C」以上であることが望ましい。このように、「900°C」以上とすることで、ニッケル薄膜24' を半導体基板10の表面に拡散させることができ、これにより、これらニッケル薄膜24' (合金層24) と半導体基板10とを十分にオーム接觸とすることができます。

【0043】

- ・コンタクトホールに形成される電極の材料としては、ニッケル単体に限らず、ニッケルを含有する金属であればよい。こうした場合であっても、ニッケルを含有する金属と、コンタクトホールによって露出された半導体基板表面とを化合させた後、金属を溶解させるエッチング液であって且つ上記化合物を溶解させないエッチング液を用いることで、上記(1)と同様の効果を得ることができる。

【0044】

- ・層間絶縁膜上の金属やニッケル単体をエッチング液によって溶解した後の層間絶縁膜の状態が良好ならフッ酸によってその表面をエッチングする工程を有していないなくてもよい。

【0045】

- ・層間絶縁膜の上面をエッチングするエッチング液としては、フッ酸に限らない。

- ・炭化珪素半導体装置としては、上記実施形態で例示した構成に限らず、炭化珪素からなる半導体基板上の絶縁膜を開口するコンタクトホールに電極が形成される範囲で適宜変更してよい。また、炭化珪素半導体装置の用途も適宜変更してよい。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明にかかる炭化珪素半導体装置の製造方法の一実施形態について、その原理を説明する断面図。

【図2】同実施形態の炭化珪素半導体装置の製造工程を示す断面図。

【図3】同実施形態の炭化珪素半導体装置の製造工程を示す断面図。

【図4】同実施形態の炭化珪素半導体装置の製造工程を示す断面図。

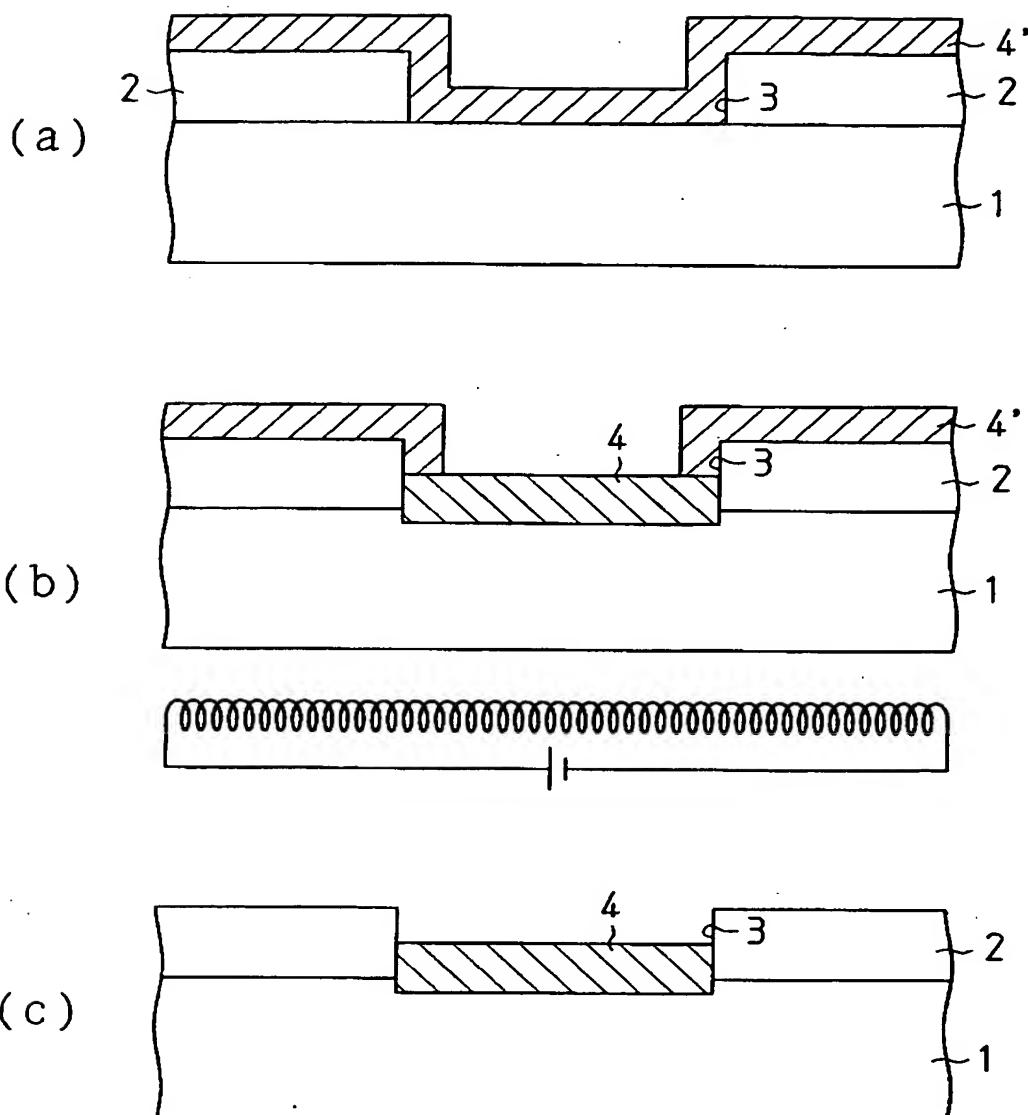
【図5】同実施形態の炭化珪素半導体装置の製造工程を示す断面図。

【符号の説明】

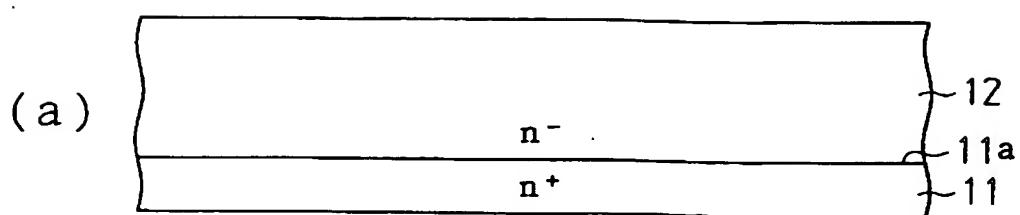
1…半導体基板、2…絶縁膜、3…コンタクトホール、4…合金層、10…半導体基板、11…n⁺炭化珪素基板、12…n-型ドリフト層、13…ベース領域、15…チャネル層、16…p⁺コンタクト領域、17…n⁺型ソース領域、20…ゲート絶縁膜、21…ゲート電極、22…層間絶縁膜、23…アルミニウム薄膜、24、25…合金層、26…金属膜、27…アルミニウム薄膜。

【書類名】 図面

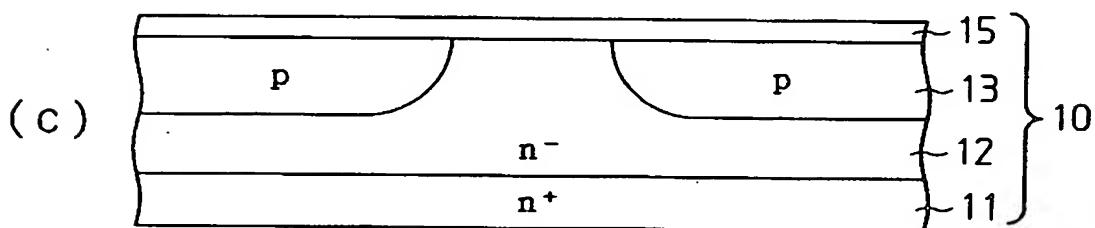
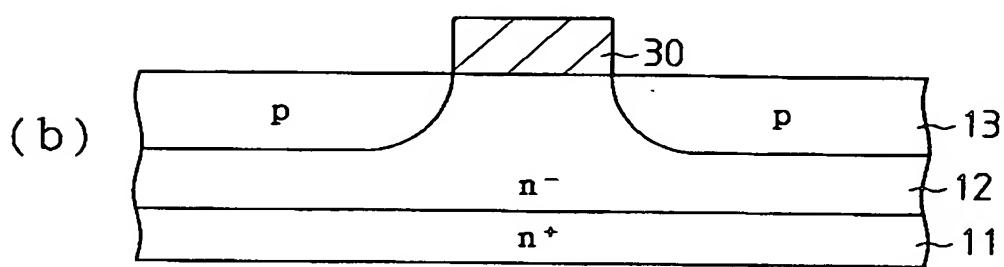
【図 1】



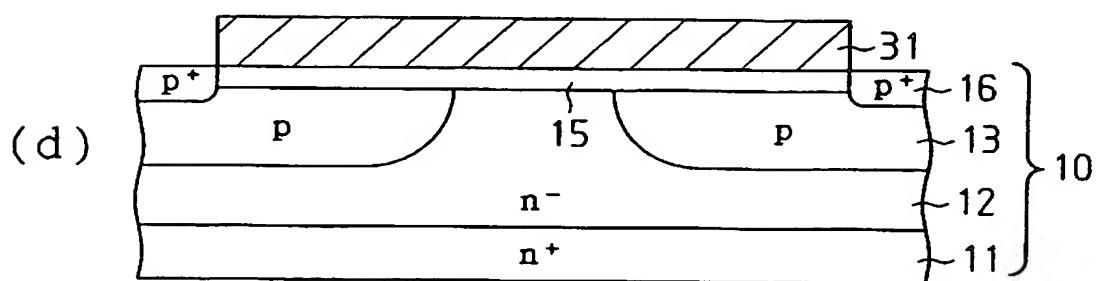
【図2】



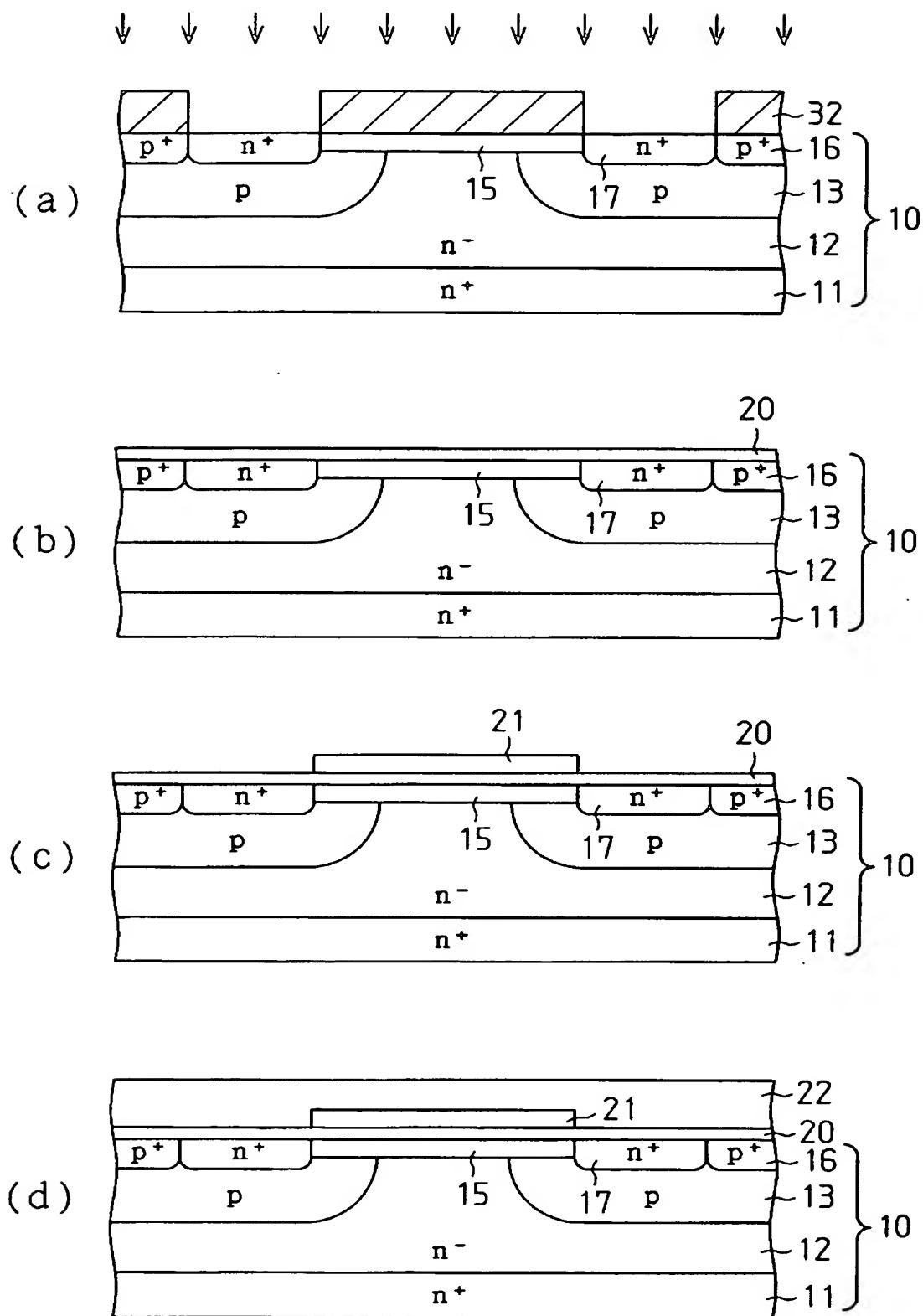
↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓



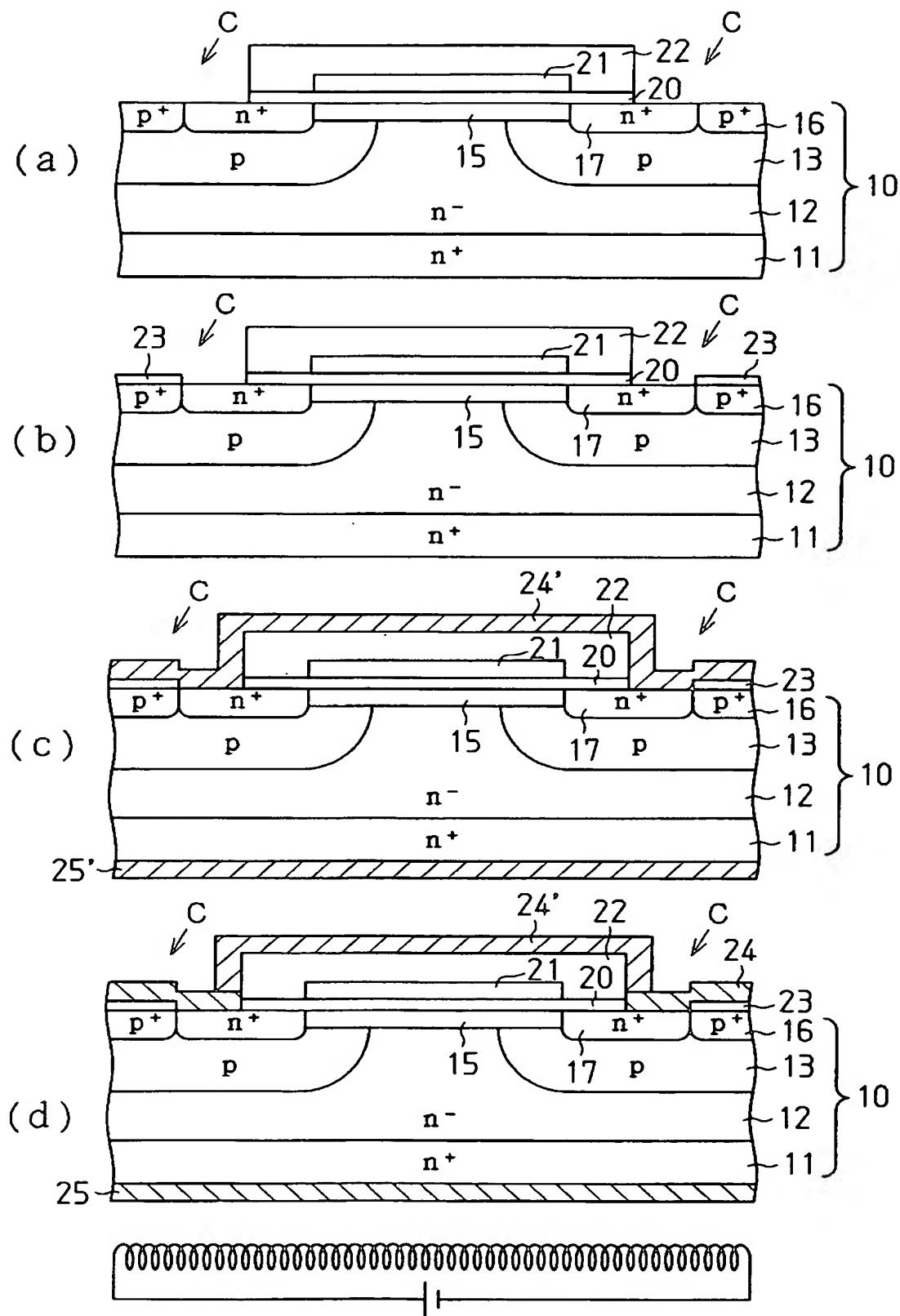
↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓



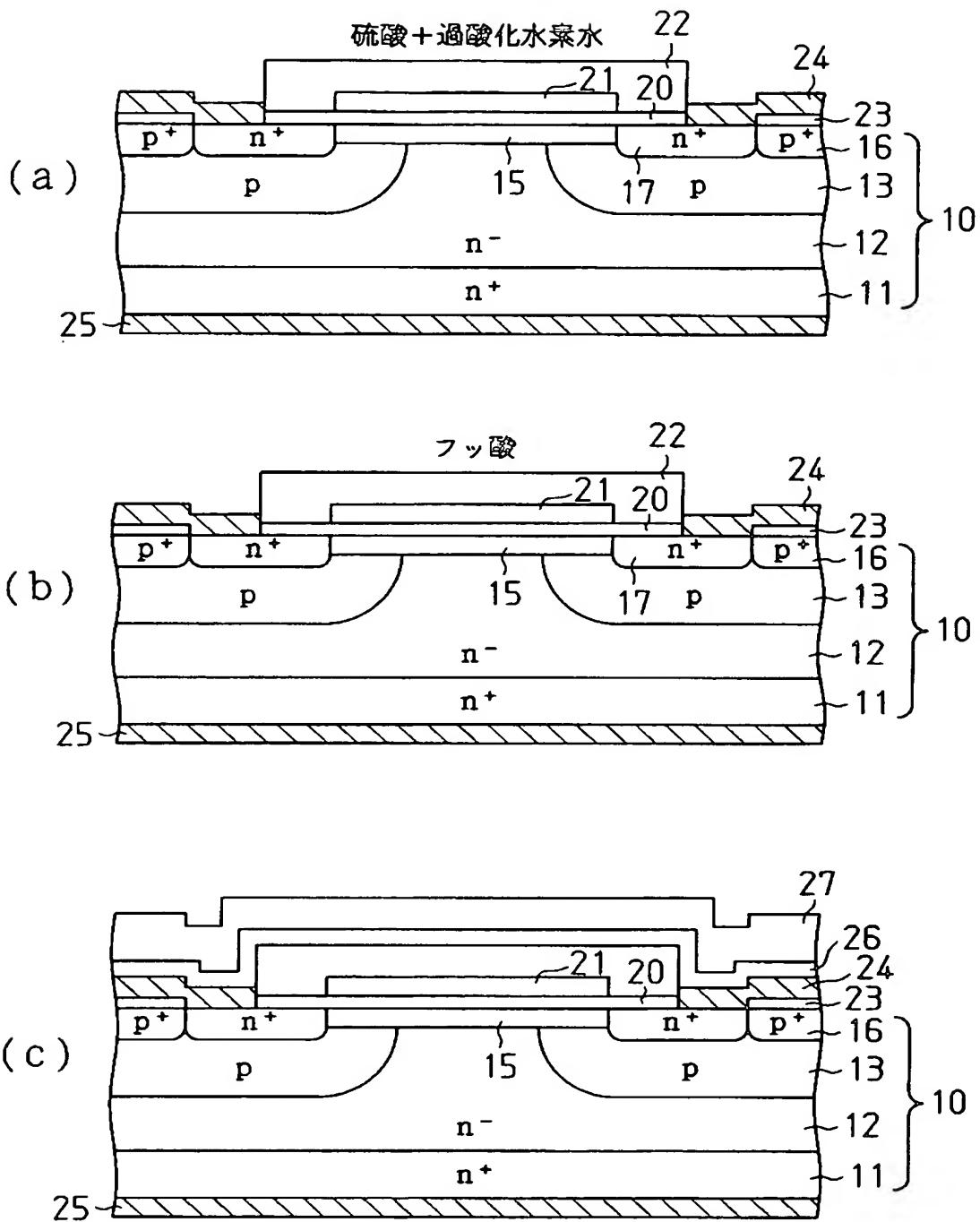
【図3】



【図4】



【図 5】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 コンタクトホール内に電極をより適切に形成することができる炭化珪素半導体装置の製造方法を提供する。

【解決手段】 図1 (a) に示すように、炭化珪素からなる半導体基板1に、絶縁膜2を形成する。更に、絶縁膜にコンタクトホール3を開口することで、半導体基板1の上面の一部を露出させる。そして、半導体基板1の上方にニッケル(Ni)4'を成膜する。続いて、図1 (b) に示すように、半導体基板1に熱処理を施す。これにより、ニッケル4'のうち、半導体基板1と接触している部分が炭化珪素とニッケルとの化合物である合金層4となる。更に、図1 (c) に示すように、ニッケルを溶解させるエッチング液によって絶縁膜2上のニッケル4'を選択的に除去する。

【選択図】 図1

特願 2003-118490

出願人履歴情報

識別番号 [00004260]

1. 変更年月日 1996年10月 8日

[変更理由] 名称変更

住所 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地
氏名 株式会社デンソー